



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

PROBLEMATIKA VÝROBY DÍLCŮ NA OHÝBACÍM STROJI

THE ISSUE OF PRODUCTION OF COMPONENTS ON BENDING MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kateřina Sadecká

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Peterková, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Studentka: **Kateřina Sadecká**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Eva Peterková, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Problematika výroby dílců na ohýbacím stroji

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o seznámení se s technologií ohýbání polotovarů kruhového průřezu na vybraných strojích dané firmy a vytvoření školicího podkladu pro novou obsluhu vybraného stroje.

Cíle bakalářské práce:

V práci bude uveden základní princip technologie ohýbání polotovarů kruhového průřezu a popis užívaných strojů a nástrojů. Dále bude práce obsahovat metodiku tvorby školicích podkladů zaměřenou na obsluhu ohýbacích strojů pro nové zaměstnance, ukázkou takto vytvořeného dokumentu, vše doplněné komentáři a vlastními závěry.

Seznam doporučené literatury:

HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. Metal forming: mechanics and metallurgy. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-1-107-00452-8.

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. Vyd. 4., V Akademickém nakladatelství CERM 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3425-7.

Handbuch der Umformtechnik: processes - machines - tools. New York: Springer, c1996. ISBN 35-406-1099-5.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design: processes - machines - tools. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2006. ISBN 00-714-6271-6.

SAMEK, Radko, Eva ŠMEHLÍKOVÁ a Zdeněk LIDMILA. Speciální technologie tváření: Část II. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4220-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

SADECKÁ Kateřina: Problematika výroby dílců na ohýbacím stroji

Práce je zaměřena na problematiku ohýbání dílců kruhového průřezu pro konkrétní stroj DKB firmy Mubea.

Teoretická část slouží jako teoretický základ pro tvorbu školicích materiálů pro novou obsluhu výše zmíněného stroje. Jsou zde shrnuty základní technologické principy ohýbání, metody ohýbání využívané na DKB, nástroje používané pro ohýbání trubek a přehled nejčastěji vznikajících defektů.

Praktická část se věnuje samotným školicím podkladům, metodice tvorby a obsahuje ukázkou vytvořeného dokumentu. Vytvořené materiály slouží jako podklad pro zjednodušení zaškolování nových pracovníků, kteří tak mají k dispozici ucelený přehled všech podstatných informací, které potřebují pro samostatnou obsluhu stroje.

Klíčová slova: tváření, ohýbání trubek, defekty ohýbání

ABSTRACT

SADECKÁ Kateřina: The issue of production of components on bending machine

The project is deals with issues of bending components of circular cross-section for particular machine DKB in Mubea company.

Theoretical part is used as theoretical base for making training materials for new operation workers at the machine. It contains overview of basic technological principles of bending, bending methods used at DKB, used tools and summary of common defects.

Practical part is devoted to training materials, methods of its creation and contains presentation of created document. These materials serve as base for simplification of training new workers so they have got comprehensive summary of all important information needed for independent operation of machine.

Keywords: forming, bending tubes, defects of bending

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SADECKÁ, Kateřina. *Problematika výroby dílců na ohýbacím stroji*. Brno, 2017. 48s, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovu a plastu. Vedoucí práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 26.5.2017

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji paní Ing. Evě Peterkové, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce a firmě Mubea za umožnění zpracování praktické části bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 ROZBOR ZADÁNÍ	10
1.1 Představení firmy Mubea	10
2 TECHNOLOGIE OHÝBÁNÍ	11
2.1 Princip technologie ohýbání	11
2.1.1 Napětí a deformace	12
2.1.2 Parametry ohýbání	12
2.2 Metody ohýbání	13
2.2.3 Ohyb navíjením	13
2.2.4 Ohyb navíjením s přídavnou silou	14
2.2.5 Ohyb pod lisem	14
2.3 Ohýbací stroje a nástroje	15
2.3.1 Ohýbací stroje	15
2.3.2 Ohýbací nástroje	15
2.4 Defekty vznikající při ohýbání	17
2.4.1 Zploštění kruhového průřezu trubky	17
2.4.2 Odpružení	18
2.4.3 Ztenčení vnější strany trubky	19
2.4.4 Zvlnění vnitřní strany stěny	20
3 TVORBA ŠKOLICÍCH MATERIÁLŮ	21
3.1 Školicí podklady	21
3.2 Kapitola 1 Základní informace	21
3.3 Kapitola 2 Požadavky na kvalitu	22
3.4 Kapitola 3 Dokumentace	22
3.5 Kapitola 4 Znalosti nutné pro pracovníky	22
3.6 Kapitola 5 Technologické vysvětlení procesu	23
4 UKÁZKA ŠKOLICÍCH PODKLADŮ	24
5 ZÁVĚRY	33

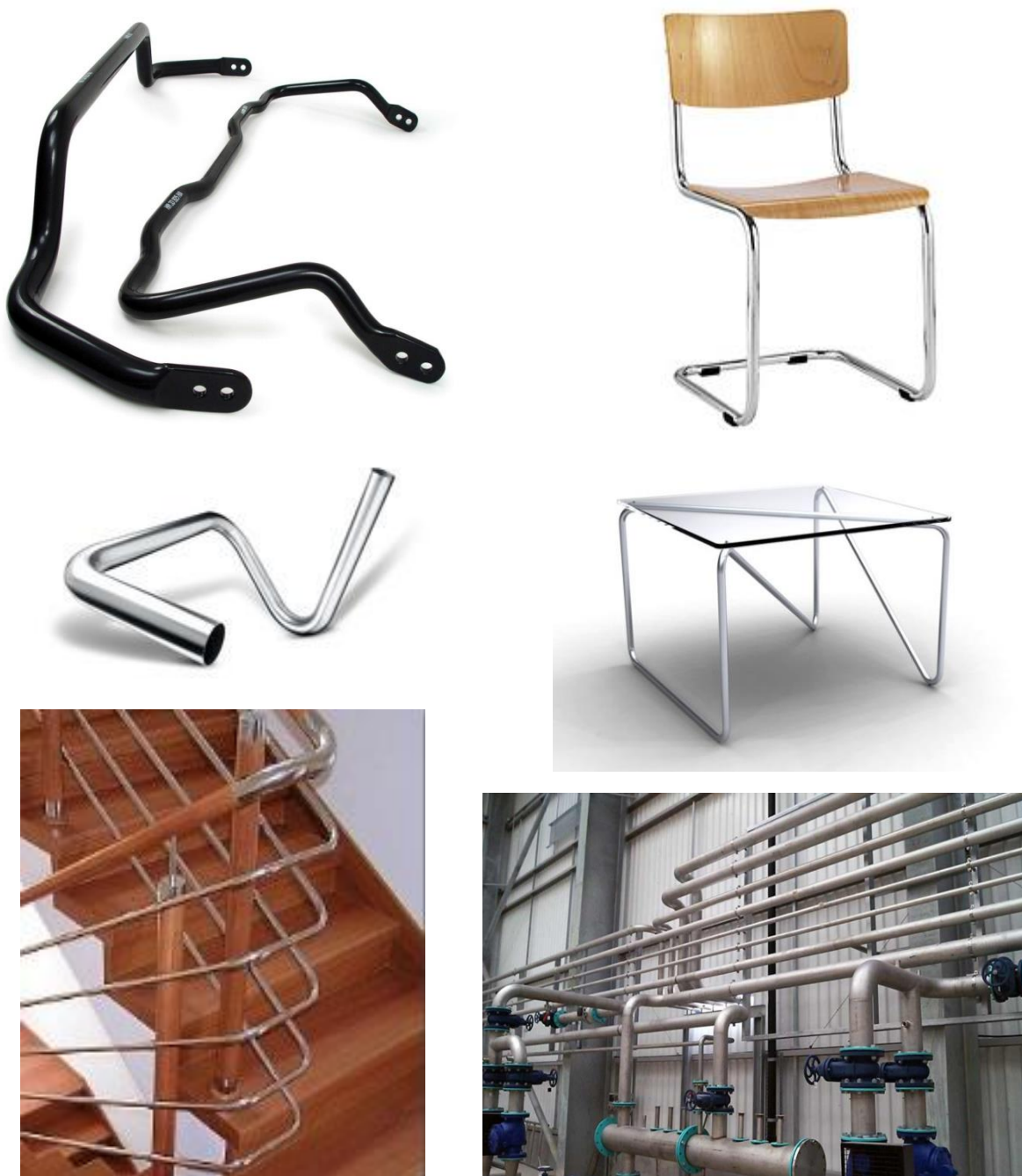
Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

ÚVOD

Ohýbané trubky je možné nalézt v nejrůznějších odvětvích jako je letecký, petrochemický nebo stavební průmysl, jako součásti nejrůznějších strojů nebo jako designové prvky. Jsou i důležitou součástí automobilového průmyslu, který zaujímá v průmyslu ČR důležité místo. Na obr. 1 je uvedeno několik příkladů ohýbaných dílců z trubek.

Jedním z trendů automobilové výroby je snaha o co možná nejnížší množství vypouštěných emisí do ovzduší. Toho lze mimo jiných způsobů dosáhnout i snížením hmotnosti automobilu. Jedna z možností je například i nahrazení plného tyčového materiálu dutými tyčemi, což sice přináší kýženou úsporu materiálu a hmotnosti, ale na druhou stranu je výroba ohýbaných trubek oproti tyčím složitější, především co se týká výskytu a zabránění vzniku defektů.



Obr. 1 Ukázka využití ohýbaných trubek [9], [31], [2], [15], [30], [14]

1 ROZBOR ZADÁNÍ

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit školicí podklady pro ohýbací stroj firmy Mubea, který je používán pro výrobu dílů z tyčového a trubkového materiálu. Vzhledem k množství možných metod ohýbání a ohýbacích strojů, je účelné znát funkce a možnosti konkrétního stroje, stejně jako související teoretické principy ohýbání. Nejde však jen o znalosti týkající se samotného stroje, neboť velká část práce související s výrobou určitého dílu není vykonávána přímo na stroji. Stejně důležitý je i celkový hladký proces výroby dílu jako takového, takže je nutné ovládat i další související činnosti, mezi něž patří třeba kontrola výrobků, vyplňování dokumentace, správná komunikace s dalšími pracovišti nebo ovládání programů.

Součástí řešení dané bakalářské práce bylo tedy vytvořit školicí dokument obsahující všechny podstatné informace umožňující zlepšení procesu zaškolování nových pracovníků na ohýbacím stroji DKB firmy Mubea HZP..

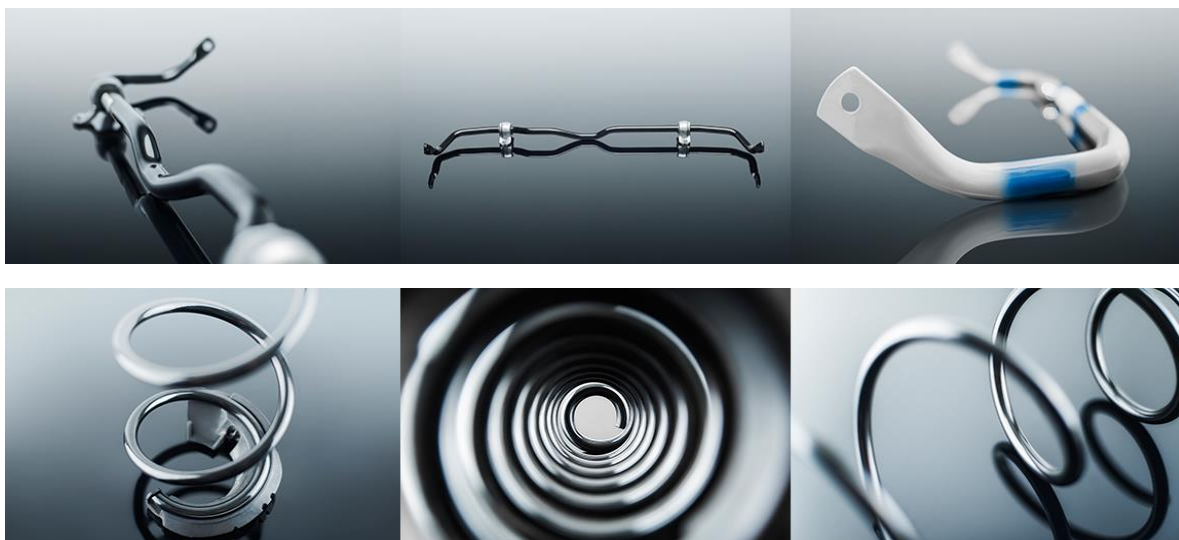
Pro řádné pochopení a následné zpracování školicích materiálů zabývajících se technologií ohýbání je samozřejmě nezbytné pochopení této technologie, jejího procesu a průvodních jevů, čímž se zabývá teoretická část této práce, kapitola 2.

Řešení této bakalářské práce bylo uskutečněno v rámci spolupráce s firmou Mubea hzp Prostějov, která umožnila autorce předkládané práce seznámit se s danou problematikou v praxi.

1.1 Představení firmy Mubea [13], [16], [25]

Firma Mubea, jejíž název vznikl spojením jmen jejich majitelů „Muhr und Bener KG“ byla založena roku 1916 v Německu a od té doby se rozšířila do 18 zemí světa na čtyřech kontinentech. Její hlavní centrála se nachází v Attendornu v Německu a v České republice má tři závody, z nichž se dva nachází v Prostějově a jeden v Žebráku.

Firma se zabývá především výrobou komponent do aut, jako jsou součásti karoserie, interiéru nebo motoru automobilů, ventilové a nápravové pružiny nebo stabilizátory (obr. 2), pro jejichž výrobu byl vytvořen školicí dokument. Cílem firmy je i snaha o výrobu odlehčených součástí, při jejichž použití namísto běžných součástí, lze snížit hmotnost auta o 20 kilogramů a tak snížit i množství emisí vypouštěných do ovzduší.



Obr.2 Ukázka výrobků firmy Mubea [16], [25]

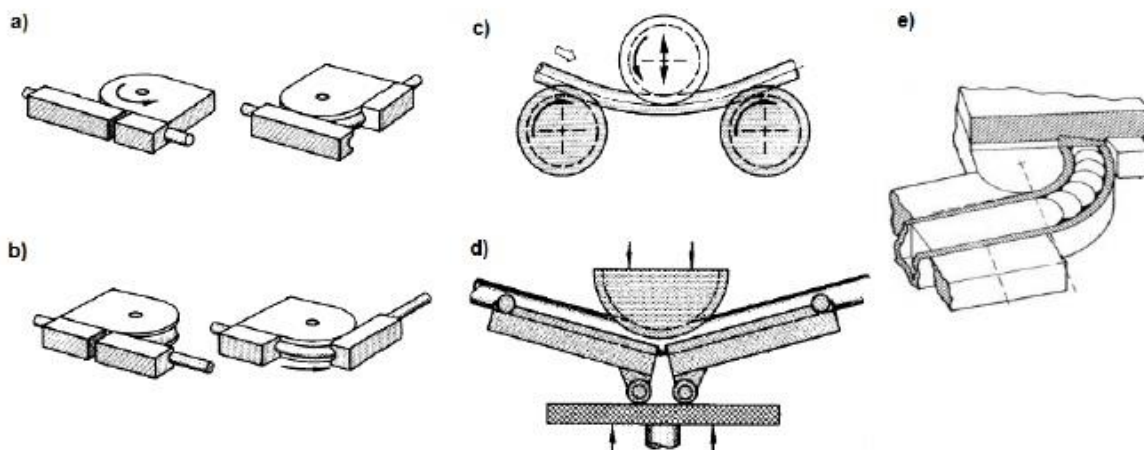
2 TECHNOLOGIE OHÝBÁNÍ [6], [7], [24]

Ohýbání je trvalá deformace materiálu, při němž se materiál vzniklým napětím od působící síly ohýbá (příp. rovná).

Ohýbání může probíhat za tepla i za studena, přičemž druhý uvedený způsob převažuje především z ekonomických důvodů. Ohyb za tepla se používá pro tvrdé a křehké materiály, které by za studena nebylo možné ohýbat.

Dále je možné ohýbání rozdělit podle toho, zda probíhá na ručních nebo strojních ohýbačkách. Trubku lze ohýbat v jedné či více rovinách, pak se jedná o tzv. prostorový ohyb, který je komplikovanější, a proto se provádí povětšinou strojně. Komplikovanější je i kontrola geometrie takto vyrobené součásti.

Pro ohýbání trubek se používají nejrůznější metody (obr. 3), které se od sebe liší aplikací vnější síly a uspořádáním nástroje. Vzhledem k zaměření bakalářské práce budou dále uvedeny pouze metody používané na stroji, pro který byl vytvářen školicí materiál, což jsou metody ohýbání navíjením a pod lisem.

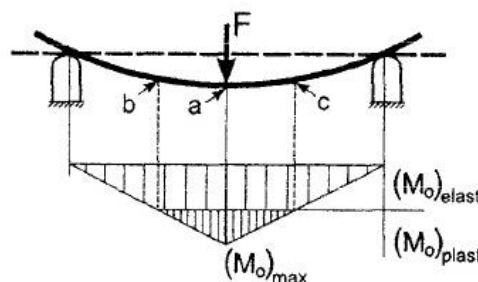


Obr. 3 Metody ohybu: a) navíjením b) nabalováním c) zakružováním d) lisem e) protlačováním [24]

2.1 Princip technologie ohýbání [7], [24], [26],

Ohyb je realizován pomocí vnějších ohybových momentů, které jsou vyvozovány ohybovou silou přes nástroj. Hodnota momentu není závislá pouze na velikosti ohybové síly vyvozené nástrojem, nýbrž i na uspořádání nástroje. Zjednodušeně lze o metodě ohýbání uvažovat jako o ohybu nosníku na dvou podporách (obr. 4).

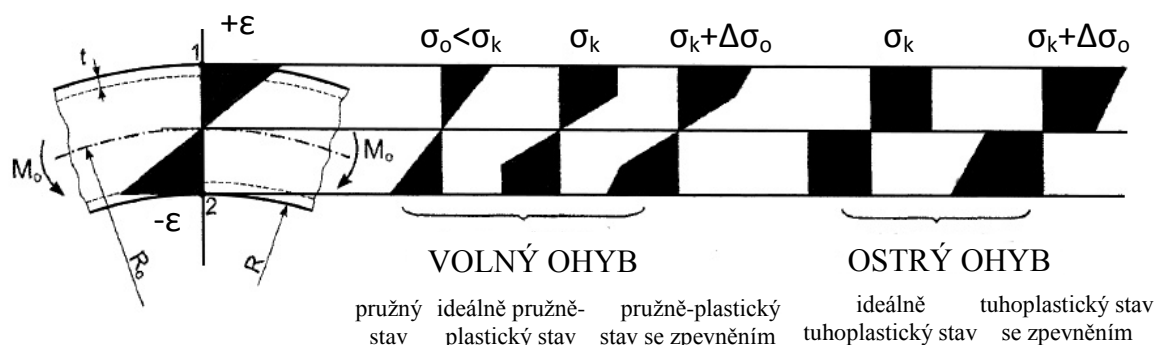
V místě maximálního ohybového momentu „ M_o “ se sleduje průběh napětí, které vytváří „ M_{ov} “, tedy ohybový moment vnitřních sil. Při ohybu je materiál na vnější straně ohybu napínán tahovým napětím a na vnitřní straně ohybu naopak stlačován napětím tlakovým. Mezi natahovanými a stlačovanými vrstvami se nachází neutrální vrstva (osa), kde je ohybové napětí rovno nule.



Obr. 4 Průběh M_o při ohybu nosníku [24]

2.1.1 Napětí a deformace [6], [7], [10], [24], [26]

Ohyb je vytvářen pomocí plastických deformací v místě ohybu, které vzniknou po dosažení hodnoty meze kluzu materiálu. Při dalším ohýbání se rozšiřuje plastická oblast, zatímco určitá oblast zůstává v pružném stavu. Tento případ je typický pro tzn. volný ohyb, tedy ohyb na velké poloměry. Pokud bude poloměr ohybu zmenšován, dojde k růstu plastických deformací směrem ke střednímu poloměru ohybu na úkor deformací elastických, což je případ ohybu na malé poloměry neboli ostrého ohybu, při kterém se používají tuhoplastické modely uvažující pouze plastické napětí. Charakter ohybového napětí pro různé případy je uveden na obr. 5.



Obr. 5 Průběh přetvoření a napětí při ohybu [24]

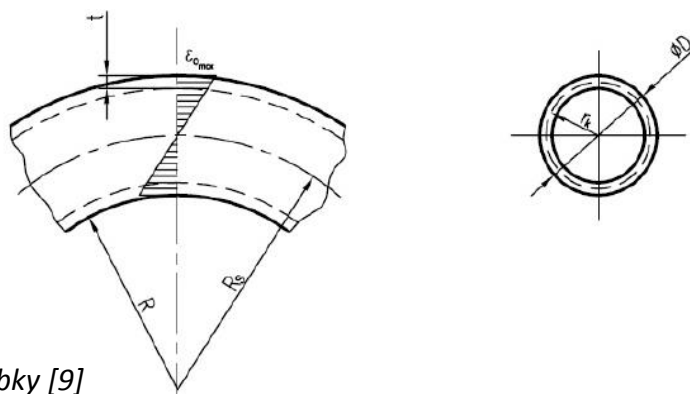
Proces ohýbání trubek je analogický k ohybu pásů. Na vnější straně ohybu dílce dochází k natahování a na vnitřní straně naopak k jeho pětchování. Mezi vnější a vnitřní stranou se nachází takzvaná neutrální osa, která se vyznačuje tím, že hodnota napětí a deformace na ní je nulová a zůstává nulová i během ohybu, stejně jako se nemění délka neutrální osy. Během procesu ohýbání se ovšem se zmenšujícím se poloměrem mění její poloha. Před zahájením ohýbání se nachází ve středu průřezu a v průběhu ohýbání, kdy se materiál přesouvá do tlakové (vnitřní) oblasti se neutrální osa posouvuje směrem ke středu ohybu. Pro určení posuvu neutrální osy lze použít množství vzorců a tabulek, vytvořených pro různé způsoby ohýbání. Posuv neutrální osy závisí především na velikosti vnitřního poloměru ohybu R a je důležitý pro určení délky výchozího rozměru polotovaru.

2.1.2 Parametry ohýbání [24]

Následující kritéria technologičnosti určují obtížnost procesu a také to, zda je možné dosáhnout požadované kvality ohybu.

Tato kritéria jsou závislá na parametrech (obrázky 6):

- R_s – poloměr ohybu
- D – vnější poloměr trubky
- t_0 – tloušťka stěny



Obr. 6 Geometrické parametry trubky [9]

Relativní tloušťka stěny

Trubky je možno rozdělit na tenkostěnné a tlustostěnné. Kritériem pro zařazení do jedné či druhé skupiny je relativní tloušťka stěny, což je poměr výchozí tloušťky stěny trubky t_0 k jejímu vnějšímu průměru D_0 .

$$\frac{t_0}{D_0} \leq 0,1 \quad \text{Tenkostěnné trubky}$$

$$\frac{t_0}{D_0} > 0,1 \quad \text{Tlustostěnné trubky}$$

Relativní poloměr ohybu

Relativní poloměr ohybu určuje, zda se jedná o ohyb na velké poloměry (volný ohyb) nebo malé poloměry (ostrý ohyb). Určuje se jako poměr vnitřního poloměru ohybu R k vnějšímu průměru trubky D_0 .

$$\frac{R_s}{D_0} \leq 6 \quad \text{Ostrý ohyb}$$

$$\frac{R_s}{D_0} > 6 \quad \text{Volný ohyb}$$

Stupeň obtížnosti procesu

Kombinací obou předchozích kritérií a empiricky stanovených hodnot můžeme určit stupeň obtížnosti procesu ohýbání.

$$\frac{t_0}{D_0} \geq 0,1 \quad \frac{R}{D_0} \geq 2,5 \div 3 \quad \text{Optimální podmínky procesu}$$

$$\frac{t_0}{D_0} = 0,075 \quad \frac{R}{D_0} = 2,5 \quad \text{Přijatelné podmínky procesu}$$

$$\frac{t_0}{D_0} \leq 0,05 \quad \frac{R}{D_0} \leq 2,5 \quad \text{Nevhodné podmínky procesu}$$

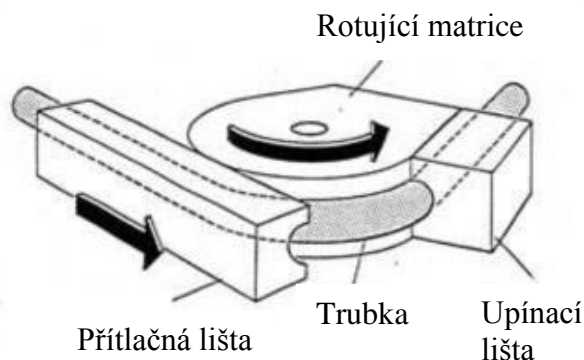
2.2 Metody ohýbání [23], [24]

Metody ohýbání fungují na stejném principu a liší se především uspořádáním nástrojů. Vzhledem k zaměření práce budou podrobněji rozebrány pouze metody používané ve firmě Mubea .

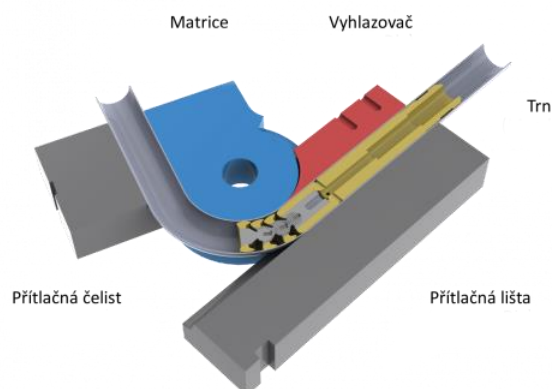
2.2.3 Ohyb navíjením [22], [23], [24]

Ohyb navíjením umožňuje ohýbat trubky o průměru cca 12 až 250 mm do úhlu 180 ° a na poloměr ohybu 1,5násobek průměru trubky. Samotný ohyb je zajišťován silou, která je vyvolaná krouticím momentem pohonu ohýbací hlavy. Tyč nebo trubka je zajištěna v drážce ohýbací hlavy upínací lištou a je tlačena do ohýbací matrice přitlačnou lištou, která má odpovídající profil drážky a může být pevná a trubka se po ní pak smýká nebo pohyblivá

a v tom případě lišta kopíruje pohyb dílce (obr. 7, obr. 8). Rovná část se pohybuje buď díky samotnému ohybu, nebo přídavnou tlakovou silou.



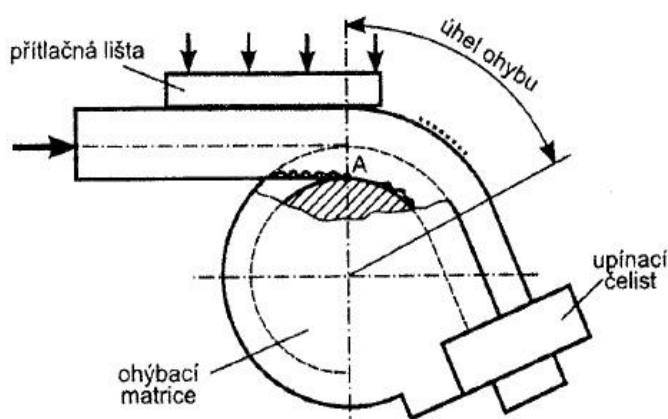
Obr. 7 Pohyby nástrojů při navíjení [23]



Obr. 8 Metoda navíjení [22]

2.2.4 Ohyb navíjením s přídavnou silou [8], [24]

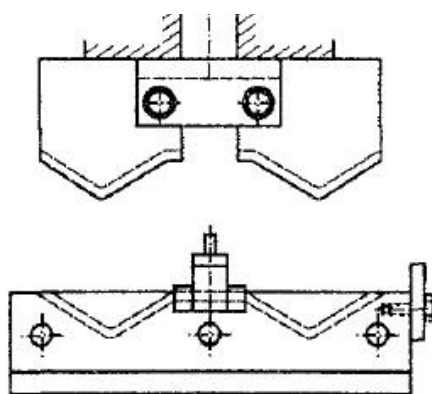
Pokud je dílec ohýbán navíjením na malé poloměry, je pravděpodobnější, že dojde k výskytu defektů jako je změna průřezu trubky nebo přílišné ztenčení vnější stěny. Proto je možné použít přídavnou tlakovou sílu, která může být kombinována s vysokofrekvenčním ohřevem ve vymezené oblasti trubky, a která bývá vyvozována na konec trubky (obr. 9).



Obr. 9 Ohýbání s přídavnou tlakovou silou vedoucí ke zvlnění [24]

2.2.5 Ohyb pod lisem [24]

Tímto způsobem je možné zhotovit díly s jedním nebo více ohyby. Vícenásobný ohyb lze provádět v několika krocích, nebo i najednou (obr. 10). Pohyblivý ohybník (beran) přitlačí polotovar do nepohyblivé části zápusky, která má odpovídající profil.



Obr. 10 Vícenásobný ohyb lisem [24]

2.3 Ohýbací stroje a nástroje [4], [12], [19], [24]

Nástroje užívané pro ohyb navíjení, jsou důležitým faktorem, na kterém závisí výsledný tvar a kvalita ohybu, stejně jako stroj, jehož provedení a parametry určují možnosti ohybu.

2.3.1 Ohýbací stroje [4], [5], [19], [12]

Pro ohýbání se používají takzvané ohýbačky, jejichž provedení závisí na faktorech, jako jsou rozměry a materiál trubek, následné využití ohýbaných dílců a množství vyráběných kusů. Základní rozdělení ohýbaček je na ruční (obr. 11) a strojní ohýbačky (obr. 12), přičemž první zmíněné jsou vhodné pro méně přesné a náročné ohyby v malém množství, takže jsou vhodné spíše do dílen pro řemeslnickou výrobu než pro průmysl. Strojní průmyslové ohýbačky mohou být vyráběny jako elektrické nebo hydraulické, bývají programovatelné, segmenty jsou vyměnitelné pro širokou škálu průměrů a bývají oproti ručním ohýbačkám mnohem produktivnější.



Obr. 11 Ruční ohýbačka [19]

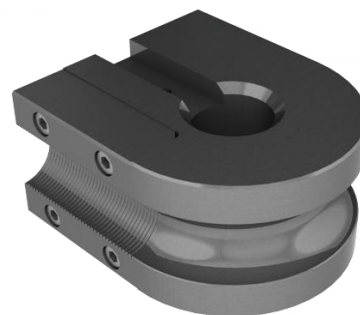


Obr. 12 Hydraulická dvouhlová ohýbačka [5]

2.3.2 Ohýbací nástroje [8] [12], [22], [24], [27], [28]

Ohýbací matrice - tvar matrice a její rozměry jsou určeny průměrem trubky, poloměrem ohybu a způsobem uchycení nástroje. Drážka ohýbací matrice odpovídá vnějšímu poloměru trubky, která je do ní v průběhu ohýbání vtlačována. Drážka musí zajistit dostatečné vedení trubky. Je také možné, aby byl poloměr ohybu matrice menší než požadovaný, takže po odpružení odpovídá výsledný poloměr ohybu požadovanému tvaru.

Na matrici se nachází přímý úsek, který slouží k upnutí trubky pomocí upínací lišty. Aby trubka neprokluzovala, může být povrch upínací části zdrsňený. Matrice je vysoce namáhaná součást, proto bývá vyrobena z nástrojové oceli, která je tepelně zpracovaná a drážka, která musí být otěruvzdorná, může být nitridovaná.



Obr. 13 Ohýbací matrice [1]

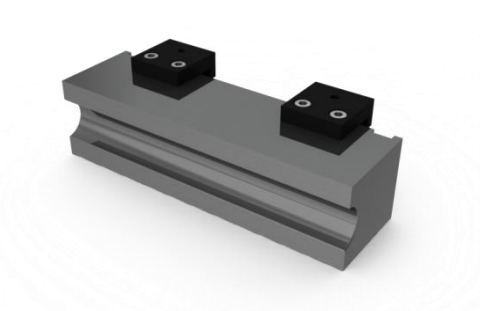
Upínací lišta slouží k zajištění polohy trubky v drážce ohýbací matrice. Délka a povrchová úprava upínací lišty má být shodná s délkou upínací části matrice. Použitý materiál rovněž odpovídá materiálu ohýbací matrice.

Síla k zajištění trubky musí být dostatečná, aby trubka neprokluzovala, ale zároveň nesmí být tak velká, aby zanechala otlaky nebo deformovala dílec. Drážka upínací lišty odpovídá vnějšímu poloměru trubky - 10 % tloušťky stěny.



Obr. 14 Upínací lišta [16]

Přítlačná lišta vtlačuje trubku do drážky ohýbací matrice a zároveň funguje jako opora při ohýbání, takže zamezuje prohnutí ohýbané součásti. Přítlačná lišta vyvíjí na trubku stálý tlak, který je největší v bodě tangenty (ohybu). Přítlačná lišta může být pohyblivá nebo nepohyblivá. Pohyblivá lišta kopíruje pohyb materiálu a zajišťuje lepší vedení a neklade tak velké nároky na kvalitu povrchu jako pevná lišta, která musí být odolná proti otěru, neboť trubka se po ní smýká. Délka přítlačné lišty bývá rovna rozvinuté délce ohybu a přídatku na upnutí.



Obr. 15 Přítlačná lišta[20]

Vyhlazovací lišty bývají používány především při ohybu tenkostěnných trubek. Neboť jsou na vnitřní straně ohybu vysoké hodnoty tlakového napětí, které mohou způsobit vznik zvlnění, čemuž má vyhlazovací lišta pomoci předejít. Drážka lišty má rozměrové a tvarové parametry odpovídající vnějšímu průměru trubky a upravený povrch leštěním, chromováním a použitím maziva pro snížení tření. Použitým materiálem mohou být hliníkové bronzy určené pro ohýbání titanu nebo oceli a pro ohýbání neželezných materiálů ocel.



Obr. 16 Vyhlazovací lišty [18]

Kovové **stabilizační trny** jsou využívány pro ohyb trubek, kde se používají pro zabránění vzniku defektů, jako je zvlnění vnitřní strany stěny nebo přílišná deformace průřezu. Trny se vyrábějí ve třech základních typech jako pevné, pružné a segmentové.

Pevné trny (obr. 17) jsou využívány především pro tlustostěnné trubky na velké poloměry ohybu. Při ohybu dochází k přetahování stěny trubky přes konec trnu a dochází tak ke zpevňování materiálu.

Pružné trny jsou používány spíše pro trubky čtvercového průřezu. Trn se skládá z vrstvených plíšků a je ohýbán spolu s trubkou, což zajišťuje stabilitu průřezu v místě ohybu.

Segmentové trny (obr. 18) jsou nejsofistikovanější verze a lze je použít pro široké spektrum rozměrů trubek a parametrů ohybu, kdy poskytují během ohybu oporu stěny. Segmenty mohou být mezi sebou spojeny lankem, článkem, nebo kloubem.



Obr. 17 Pevný tvarový trn [28]



Obr. 18 Segmentový trn [28]

2.4 Defekty vznikající při ohýbání [8], [21], [24]

Při nedodržení kritérií technologičnosti může dojít k některému z následujících defektů:

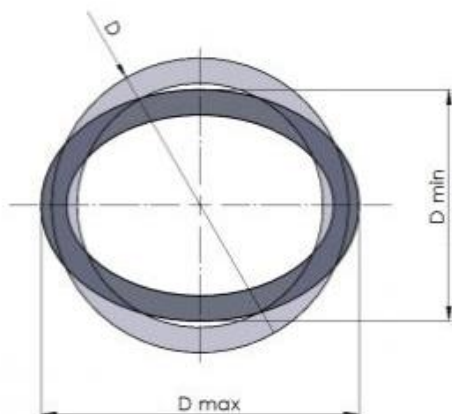
- ovalita
- ztenčení vnější strany trubky
- zvlnění vnitřní strany trubky
- odpružení

2.4.1 Zploštění kruhového průřezu trubky [8], [21], [24], [29]

Jako ovalita je označováno zploštění kruhového průřezu trubky (obr. 19). Stanovuje se pomocí koeficientu „ K_o “, který vyjadřuje změnu z kruhového na eliptický tvar. Eliptický tvar se používá pro zjednodušení (skutečný tvar je složitější, viz obr. 20).

$$K_o = \frac{D_{max} - D_0}{D_0} \cdot 100[\%] \quad (2.1)$$

kde: D_0 – průměr původního průřezu [mm]
 D_{max} – největší rozměr
zdeformovaného průřezu [mm]



Obr. 19 Změna průřezu trubky [21]

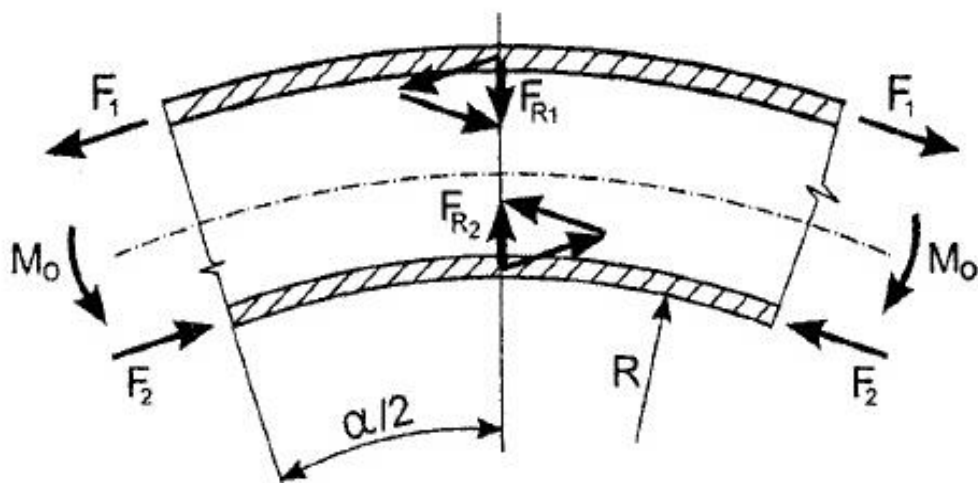


Obr. 20 Zdeformovaný průřez [29]

Pro běžné užití bývá povolena ovalita maximálně 25 %. Ovalita roste se zvětšující se velikostí úhlu ohybu, zmenšujícím se poloměrem ohybu a s vyšším exponentem zpevnění materiálu.

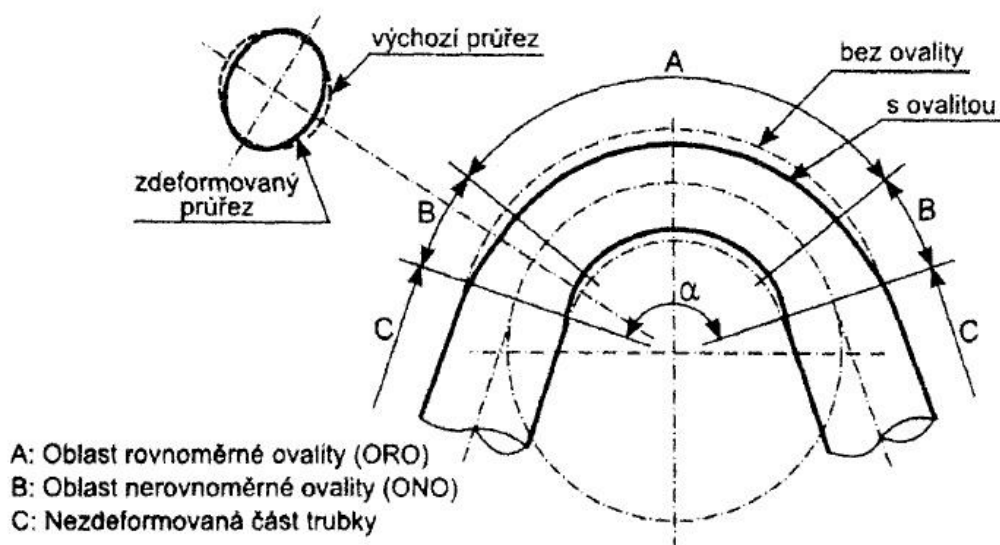
Pokud jsou zanedbány ostatní vlivy, jako vliv tlaku nástroje, které také přispívají ke vzniku ovality, lze její vznik vysvětlit pomocí rozkladu vnitřních sil (obr. 21).

Působením ohybového momentu M_O vznikají na vnější a vnitřní straně poloměru ohybu tahová a tlaková napětí, kterým odpovídají vnitřní tahové „ F_1 “ a tlakové „ F_2 “ síly. Složením těchto sil vznikají radiální síly „ F_{R1} “ a „ F_{R2} “, které způsobují zploštění průřezu.



Obr. 21 Rozbor vnitřních účinků při ohýbání [24]

Ovalita není po celém průřezu ohybu stejná, ale mění se a lze rozdělit na oblast „A“, která je označena jako oblast rovnoměrné ovality (ORO), oblast „B“ označena jako oblast nerovnoměrné ovality (ONO) a oblast „C“, což je nezdeformovaná část trubky (obr. 22). Oblast ORO, která se nachází ve střední části ohybu, je ohraničena ONO, která přechází v nedeformovanou část. Za poloměr ohybu se považuje vnitřní poloměr oblasti rovnoměrné ovality.



Obr. 22 Znázornění ohybu s proměnlivou ovalitou [24]

Ovalitu lze snížit pomocí výplní, které mohou být tuhé, tekuté, sypké nebo mechanické (hustě vinuté pružiny, stabilizační trny apod.). Další možností snížení ovality je použití přídavné osové síly.

2.4.2 Odpružení [7], [8], [21], [24], [26]

Po odlehčení ohybového momentu „ M_0 “, se změní úhel ohybu, čemuž se říká odpružení. Při ohýbání dochází k plastické i elastické deformaci materiálu, po odlehčení se přetvoření sníží o hodnotu elastické deformace (obr. 23).

Řešením může být navýšení úhlu ohybu o úhel odpružení nebo navýšení konečné ohybové síly, čímž v materiálu vznikne místní plastická deformace.

Zbytkový poloměr R_{zb} , případně zbytková křivost $\frac{1}{R_{zb}}$ udává konečnou hodnotu poloměru ohybu, který má trubka po odlehčení zatěžujícím momentem.

Zbytkový poloměr je dán vztahem:

$$R_{zb} = \frac{R_o}{1 - \frac{M_o \cdot R_o}{E \cdot J}} \quad (2.2)$$

kde: R_o – poloměr ohybu [mm]

M_o – zatěžující ohybový moment [Nm]

E – modul pružnosti v tahu [MPa]

J – kvadratický moment průřezu [mm⁴]

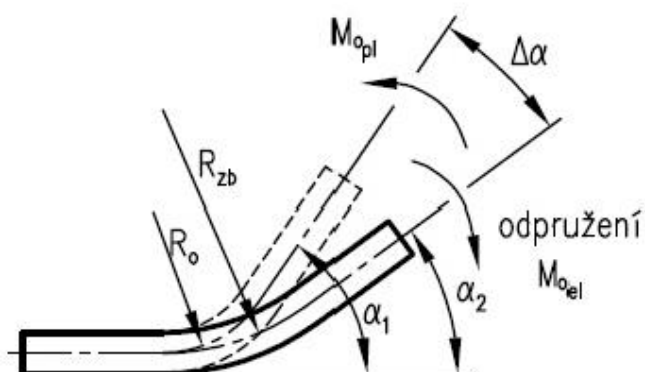
Zbytkovou křivost a odpružení lze znázornit pomocí grafu závislosti M_o na $1/R$. Z grafu (obr. 24) je možné určit hodnoty zbytkové křivosti $1/R_{zb}$ a odpružení $1/R_{od}$ pomocí přímky vedené z bodu X, která je rovnoběžná s úsečkou pružné deformace. Úhel odpružení $\Delta\alpha$ je možné podle [23] stanovit jako:

$$\Delta\alpha = \frac{M_o \cdot R_o}{E \cdot J} \quad (2.3)$$

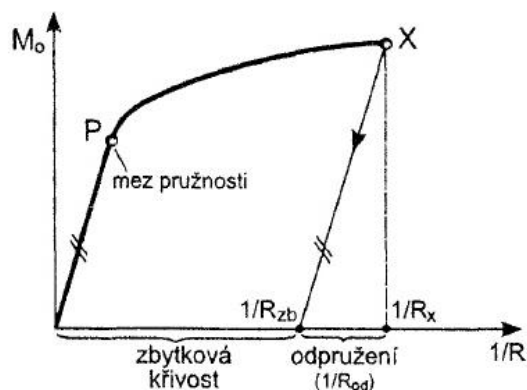
kde: α – úhel ohybu [°]

2.4.3 Ztenčení vnější strany trubky [8], [11], [21], [24]

Při zmenšování poloměru ohybu se zvětšují tahová napětí na vnější straně ohybu a tlaková napětí na vnitřní straně a v důsledku toho dochází k přesunu materiálu, což vede ke ztenčování tloušťky stěny na vnější, a k pěchování materiálu na vnitřní straně trubky (obr. 25, obr. 26). Pokud při ztenčování tloušťky stěny dojde k překročení meze pevnosti a tedy k vyčerpání plasticity materiálu, může dojít i ke vzniku trhlin.



Obr. 23 Odpružení při ohybu [8]



Obr. 24 Schématické znázornění velikosti odpružení [24]



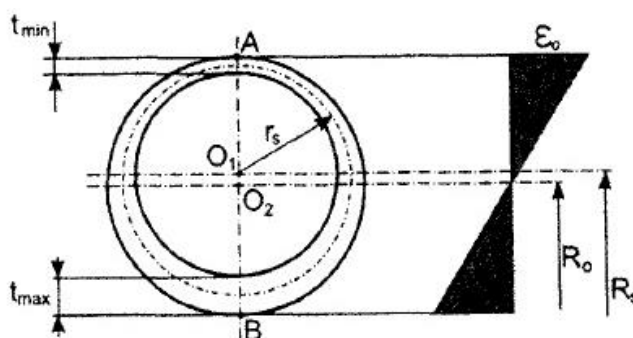
Obr. 25 Změna tloušťky stěny [11]

Ztenčení stěny lze jen velmi obtížně zamezit a to i při použití výplní. Možností, jak zmenšit efekt ztenčení stěny je metoda ohybu za současného osového tlaku, převážně u metody navíjení při ohybu na malé poloměry. Tato metoda může být prováděna s ohřevem nebo bez ohřevu.

Princip této metody spočívá v tom, že osová tlaková síla umožňuje lepší přísun materiálu do ohniska deformace, čímž snižuje podíl tahového napětí v kritickém místě trubky. Přídavná tlaková síla je ovšem limitovaná, protože příliš velký tlak by vedle ke zvlnění vnitřní stěny. Pro určení minimální tloušťky stěny lze použít vztah ve tvaru:

$$t_{min} = t_0 \cdot \left(1 - \frac{D_0 - t_0}{2 \cdot R_0}\right), \quad (2.4)$$

kde: t_0 – původní tloušťka stěny [mm]
 D_0 – průměr původního průřezu [mm]
 R_0 – poloměr ohybu [mm]



Obr. 26 Ztenčení stěny a rozložení

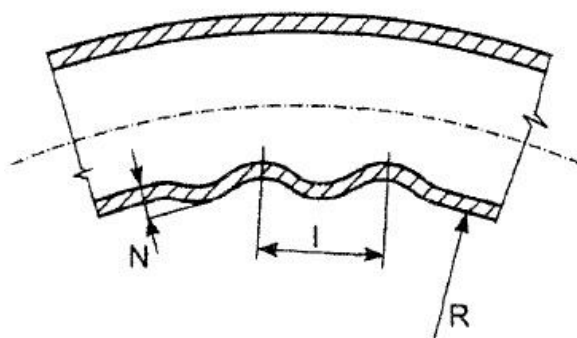
2.4.4 Zvlnění vnitřní strany stěny [3], [6], [21], [24]

Při ohýbání je vnější stěna tahově a vnitřní tlakově zatěžována. Při tlakovém zatěžování může dojít ke ztrátě stability a vzniku zvlnění (obr. 27). U dílců namáhaných na vibrace nebo změny tlaku jsou vlny nežádoucí, neboť mohou být zdrojem únavových trhlin. Podle funkce dílce některé firmy dovolují určité zvlnění v závislosti na výšce a rozteči vln (obr. 28).

Zvlnění lze zamezit použitím výplně nebo změnou technologie ohýbání.



Obr. 27 Zvlnění vnitřní stěny [3]



Obr. 28 Geometrie zvlnění trubky [24]

3 TVORBA ŠKOLICÍCH MATERIÁLŮ

Tato praktická část bakalářské práce byla vytvořena na základě spolupráce s firmou Mubea, která umožnila autorce osobní konzultace s pracovníky firmy, návštěvy na pracovišti a prostudování firemních podkladů, což bylo velmi přínosné pro získání komplexní představy o dané výrobě vybraného dílce a celém pracovním procesu včetně funkce stroje a managementu podniku.

Proces tvorby školicích materiálů se sestával především ze sledování provozu, podrobné prohlídky stroje, rozhovorů se seřizovači a obsluhou a snahy o pochopení fungování výrobní linky. Dále bylo na řadě pochopení výroby jako celku, seznámení s dokumentací a studium podkladů a dokumentů určených pro práci na DKB, účast na školení nového pracovníka, ukázka a zkouška ovládání stroje v ovládacím programu. Zároveň při zpracování již získaných informací do školicího dokumentu byla nutná další účast při provozu, konzultace s vedoucími pracovníky, fotografování potřebných činností a předmětů pro pracovní postup a teoretické studium technologie.

3.1 Školící podklady

Pro hladký proces výroby je důležité znát funkci určitého stroje, stejně jako související teoretické principy. Ne vždy má však obsluha stroje možnost nebo motivaci k důkladnému studiu. Vzhledem k pracovní vytíženosti se ukazuje jako problematické dostatečně rychle proškolení nové pracovníky a zaškolení tak probíhá v podstatě za chodu, především pozorováním zkušenějších pracovníků a k seznámení potřebných podkladů a dokumentů dochází poněkud neuceleně a podle momentálních časových možností pracovníků s oprávněním k zaškolování.

Vytvořené školící podklady by měly sloužit jako jakýsi odrazový můstek pro zaškolování a zároveň poskytnout základní informace pro nové pracovníky v jednotné přehledné formě, stejně jako má být pomůckou a návodem v případech, kdy si operátor není jistý postupem, nebo potřebuje vyhledat informace související s konkrétním problémem.

Materiály pak dále uvádějí teoretickou část obsahující informace o procesu a způsobech ohýbání, jednotlivých nástrojích a defektů, které se mohou u ohýbání tyčí a trubek vyskytnout společně s možnostmi zabránění jejich vzniku.

Podle původního zadání firmy mají školící podklady obsahovat:

- Komplexní technologické vysvětlení procesu
- Detailní popis zařízení a nástrojů
- Detailní popis pracovního postupu
- Chybový katalog + způsob odstranění nejčastějších problémů

Tento dokument se skládá z 5 hlavních kapitol, jejichž obsah a účel je podrobně vysvětlen v následujících podkapitolách 3.2 až 3.6.

3.2 Kapitola 1 - Základní informace

Tato kapitola je určena k seznámení pracovníků s těmi nejzákladnějšími informacemi o stroji a pracovišti. Jako první je uvedena funkce a uspořádání stroje DKB, hlavní části výrobní linky, způsob pohonu apod.

Následuje tabulka s fotografií a popisy, která objasňuje funkci a uspořádání jednotlivých nástrojů na ohýbacím stole a uvádí možné verze názvů používaných v komunikaci mezi pracovníky a názvů v češtině, němčině a angličtině. Dále kapitola

obsahuje popis operace ohýbání na DKB, kde jsou vysvětleny jednotlivé pracovní kroky probíhající postupně na lince, doprovázeny názornými fotografiemi umožňující lepší pochopení a orientaci v procesu. Pro snadnější zorientování na pracovišti je v této kapitole umístěno schéma ukazující rozmístění pracovních stolů, zásobníku, výstupu na lince, stejně jako fotografie zobrazující umístění dalších částí pracoviště, které nejsou přímo součástí linky, ale přesto jsou důležité pro správný chod procesu výroby, což jsou například měřicí přípravky, ovládací prvky apod. Podstatnou součástí kapitoly je i přehled strojů, označení a komponent linky, seznam a schéma rozmístění dokumentace, mezi něž patří například pracovní postupy, plány údržby, nebo třeba výkonové normy.

3.3 Kapitola 2 - Požadavky na kvalitu

Neboť vyráběné díly jsou důležité a namáhané součásti automobilů, je nutné, aby byly spolehlivé a vyrobené bez defektů, které by mohly být důvodem vzniku poškození součástí při provozu. Pracovník tak musí být schopen tyto chyby rozeznat a správně na ně reagovat a řešit vzniklou situaci. Proto je hned na začátku této kapitoly uvedena tabulka s fotografiemi chyb a možnostmi jejich zamezení, následována popisem způsobu kontroly dílu v měřicím přípravku, nakládání s nimi a způsob jejich označování s přehledem kódů vad. Následuje tabulka cílů kvality, kde jsou uvedené požadované výsledky, uvádějící v podstatě počet povolených kusů s vadami. Jako další je uveden postup pro případ, že je na stroji vyprodukováno větší množství vadných kusů. Na závěr je ukázán příklad tabulky výkonnosti uvádějící předpokládaný počet vyrobených kusů pro každý jednotlivý projekt.

3.4 Kapitola 3 - Dokumentace

Neboť součástí procesu výroby není jen pouhý technologický úkon, ale i přidružené činnosti zajišťující hladký průběh vzniku konečného výrobku je pro pracovníky důležité i správně vyplňovat a orientovat se v dokumentaci na pracovišti. Zatímco některé dokumenty jsou určeny pro ulehčení administrativy, na některých informacích zanesených do systému, závisí i činnost jiných pracovišť a tedy plynulý a bezproblémový proces výroby a je tedy nutné jejich důsledné a správné vyplnění.

Důležité je i správné porozumění pracovním postupům, které popisují důležité informace o výrobku, procesu výroby a způsobu kontroly výroby a pracovník se bez nich tedy neobejde.

Stejně nezbytné je i dodržování plánů údržby, která je samozřejmě podstatná pro správnou funkci stroje, předcházení možným poruchám a defektům dílce a dosažení co nejdelší životnosti stroje a nástrojů. V kapitole jsou tedy ukázány a popsány výkaz práce, dílenská zakázka, kontrolní postup, kontrolní karta a vizualizace OEE – prostoje a jejich umístění na pracovišti.

3.5 Kapitola 4 - Znalosti nutné pro pracovníky

Pro co nejbezproblémovější výrobu musí být pracovník schopen zvládat veškerou obsluhu stroje a další činnosti na pracovišti pokud možno samostatně, bez zbytečných prostojů a komplikací, k čemuž by měla napomoci tato kapitola.

Hned ze začátku kapitoly jsou stručně vypsány zásady bezpečnosti práce, se kterými musí být seznámen každý a které je nutné vždy dodržovat. Následuje ukázka pracovního postupu údržby spolu s popisem vyplňování plánu údržby.

V závodě jsou operátoři rozděleni do čtyř úrovní, které určují, jaké činnosti jsou schopni samostatně vykonávat, ke kterým nastavením parametrů v ovládacím programu stroje mají přístup, nicméně jako první jsou uvedené znalosti, které jsou podstatné a které musí ovládat každá obsluha stroje.

Pro lepší organizaci a přehlednost výroby je v podstatě nutností zaznamenávat informace o pracovních úkonech elektronicky do systému. Je proto naprosto nezbytné, aby pracovníci uměli pracovat s používanými počítačovými programy a správně zadávat údaje. Proto jsou v této kapitole uvedeny postupy pro práci s programy, které jsou pomocí obrázků s popisky vysvětleny po jednotlivých krocích. Postupy byly vytvořeny pro: zahájení a ukončení výroby, zadávání zmetků, vyskladnění materiálu a hlášení závad na stroji do systému.

Další část kapitoly, která je věnována ovládání samotného stroje DKB, by měla naučit obsluhu ovládat program, který se používá nejen při nastavování nového projektu, ale i pro korekce tvaru během výroby již zavedeného projektu a stejně důležitá je i práce s programem při přenastavování stroje. Jsou zde ukázány ovládací obrazovky jednotlivých prvků stroje, ke kterým je uvedeno vysvětlení každé položky na obrazovce a označení pohybů a vlivu hodnot jednotlivých parametrů na výsledek. Vysvětleno je například ovládání manipulačních ramen, ohýbacích nástrojů, rychlost a parametry ohybu – úhly a vzdálenosti, velikosti a průběh sil apod. Jednotlivé pozice jsou popisovány postupně podle úrovní pracovníků a pro větší přehlednost jsou barevně odlišeny.

Jako poslední je v kapitole uveden postup přestavby stroje, který je důsledně popsán po krocích, které jsou zjednodušeně: vymontování nástrojů, kontrola a čištění, nastavení programů, namontování nových nástrojů, nastavení a zkouška stroje, uložení starých nástrojů a úklid, a je doprovázen názornými fotografiemi s popisky.

3.6 Kapitola 5 - Technologické vysvětlení procesu

Poslední kapitola dokumentu je věnována vysvětlení teorie ohýbání, která by měla napomoci pracovníkům k lepšímu porozumění procesu ohýbání, který probíhá na stroji. Nejprve kapitola seznamuje s ohýbáním jako takovým a poté podrobněji popíše metodu navíjení. Následují parametry ohybu, který by měly umožnit představu o možnostech vyráběných ohybů. Jako další jsou zde popsány jednotlivé nástroje, jejich funkce, materiály, úpravy povrchu a požadavky, které jsou na nástroje kladeny. Na závěr jsou uvedeny defekty, ke kterým může při ohýbání trubek dojít, jejich příčiny a způsoby nápravy.

4 UKÁZKA ŠKOLICÍHO PODKLADU

Vzhledem ke skutečnosti, že školicí podklady obsahují velké množství interních informací, které firma nechce zveřejňovat, bylo nutné pro potřeby bakalářské práce vynechat některé části původního dokumentu. Jedná se především o postupy práce se stroji a fotografie ukazující části strojů apod.



Příručka pro DKB Mubea Prostějov

OBSAH

1	<i>Základní informace</i>	2
1.1	<i>Popis DKB</i>	2
1.2	<i>Popis operace ohýbání</i>	4
1.3	<i>Popis pracoviště</i>	6
2	<i>Požadavky na kvalitu</i>	8
2.1	<i>Přehled nejčastějších chyb, jejich příčin a jejich řešení</i>	8
2.2	<i>Měřicí přípravky, způsob kontroly dílu</i>	9
2.3	<i>Nakládání s n.i.O díly</i>	9
2.4	<i>Cíle kvality, požadavky na výkonnost, eskalace při vyšším počtu neshodných dílů</i>	10
3	<i>Dokumentace</i>	10
4	<i>Znalosti nutné pro pracovníky</i>	16
4.1	<i>Bezpečnost práce</i>	16
4.2	<i>Úklid a údržba</i>	17
4.3	<i>Rozdělení úrovní a povinnosti pracovníků</i>	18
4.4	<i>Základní vstupní znalosti</i>	18
4.5	<i>Ovládání programu</i>	28
4.5	<i>Přestavba</i>	37
5.	<i>Technologické vysvětlení procesu</i>	44
5.1	<i>Technologie ohýbání</i>	44
5.2	<i>Parametry ohýbání</i>	46
5.3	<i>Popis a funkce ohýbacích nástrojů</i>	47
5.4	<i>Defekty vznikající při ohýbání</i>	51

1 Základní informace

1.1 Popis DKB

DKB je stroj navrhnutý přímo firmou Mubea používaný pro ohýbání plného i tyčového materiálu k jeho středu na jednotlivých stolech. Díky tomu je schopný rychlé sériové výroby. Ohýbací stoly jsou každý nastavený na jiný ohyb. Nástroje na stolech jsou vyměnitelné, což umožňuje výrobu velkého množství různých druhů dílů.

Hlavní části linky DKB jsou ohýbací stoly, transportní ramena (greifery), etáž (ETB), výstup, vstup-zásobník, pohon, řízení.

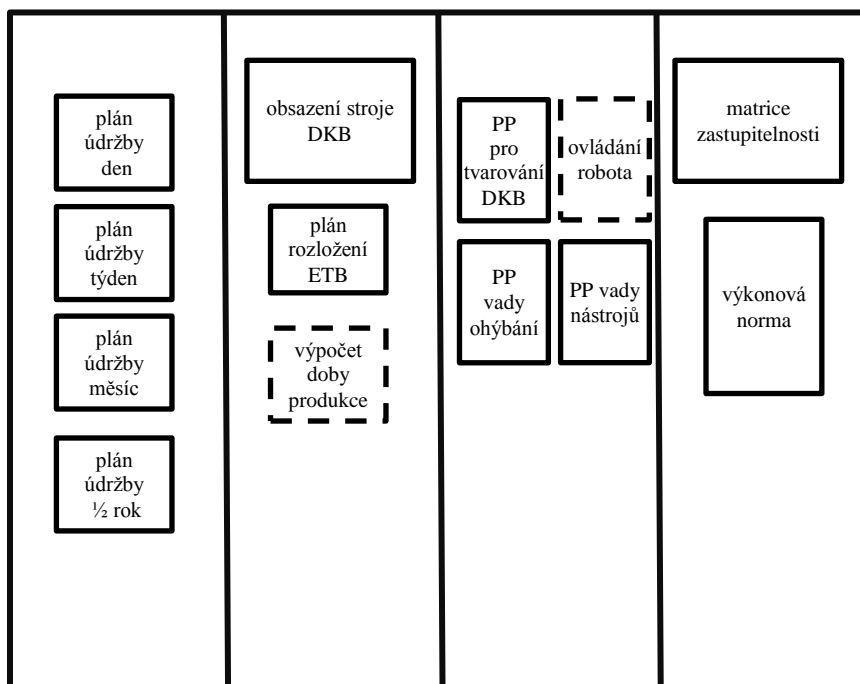
Názvy nástrojů a jejich popis

	ČJ	Používané	NJ	AJ
1.	Ohýbací hlava	Rolna	Biegeeinsatz	Bending insert
	Materiál je přidržován v drážce ohýbací hlavy, která se otáčí a zároveň pohybuje ke středu stolu, materiál pak kopíruje tvar drážky. Ohýbací hlava tedy určuje parametry ohybu.			
2.	Upínací lišta	Palec	Spannbacke	Clamping jaw
	Udržuje materiál v drážce ohýbací hlavy, pohybuje se zároveň s hlavou.			
3.	Opěrná lišta	Kostka	Gehenhalter	Brace
	Fixuje materiál v přesné poloze a zabráňuje podélnému posuvu.			
4.	Přítlačná lišta	Klemmung	Leiste	Strip
	Funkcí přítlačné lišty je především zabránit prohnutí materiálu při ohybu.			

Na elektroskříních lze najít následující dokumentaci:

- Pracovní postup: Vady ohýbání
- Pracovní postup: Vady nástrojů
- Pracovní postup pro tvarování DKB
- Plán údržby- denní
- Plán údržby- týdenní
- Plán údržby- měsíční
- Plán údržby- půlroční
- Matrice zastupitelnosti- přehled pracovníků a jejich dosažené úrovně
- Výkonová norma- obsahuje přehled projektů, které se dělají na konkrétním stroji a údaje o normách výkonu
- Obsazení stroje- rozvržení osazení strojů na DKB pro konkrétní projekty
- Plán rozmístění ETB- plánek rozmístění etáží na regálu naproti DKB
- příp. Ovládání robota (některé stroje robota nemají)

schéma rozvržení dokumentace:



2 Požadavky na kvalitu

2.2 Měřicí přípravky, způsob kontroly dílu

Kontrola tvaru hotového výrobku se provádí v měřicím přípravku zvaném léhra. Díl musí do léhry jednoduše zapadnout, nesmí být použita síla, má být uložen s vůlí, nevyčínat a vést středem jednotlivých kostek. Výrobky se vizuálně kontrolují kvůli případným vrypům nebo otlakům.

Pro každý jednotlivý projekt existuje vlastní kontrolní postup, podle kterého se obsluha řídí. Léhra se udržuje a předává (následující směně i při přestavbě) čistá.

2.3 Nakládání s n.i.O díly

Neshodné (tedy n.i.O) díly musí být označeny na středové části v následujícím tvaru:

Ident – Kód vady – Datum

n.i.O. díly musí být ihned (aby nedošlo k zamíchání mezi dobré kusy) po zjištění vady odloženy na červený stojan.

2.4 Cíle kvality, požadavky na výkonnost, eskalace při vyšším počtu neshodných dílů

Eskalace

Při dosažení hraniční hodnoty neshodných dílů se stejnou vadou je pracovník povinen okamžitě informovat svého přímého nadřízeného, který neprodleně zajistí účast zástupce QS (pracovník kvality) a v součinnosti s ním rozhodne o dalším postupu.

Při výskytu jakýchkoliv prasklin materiálu je zaměstnanec povinen informovat svého nadřízeného okamžitě již při nález prvního kusu.

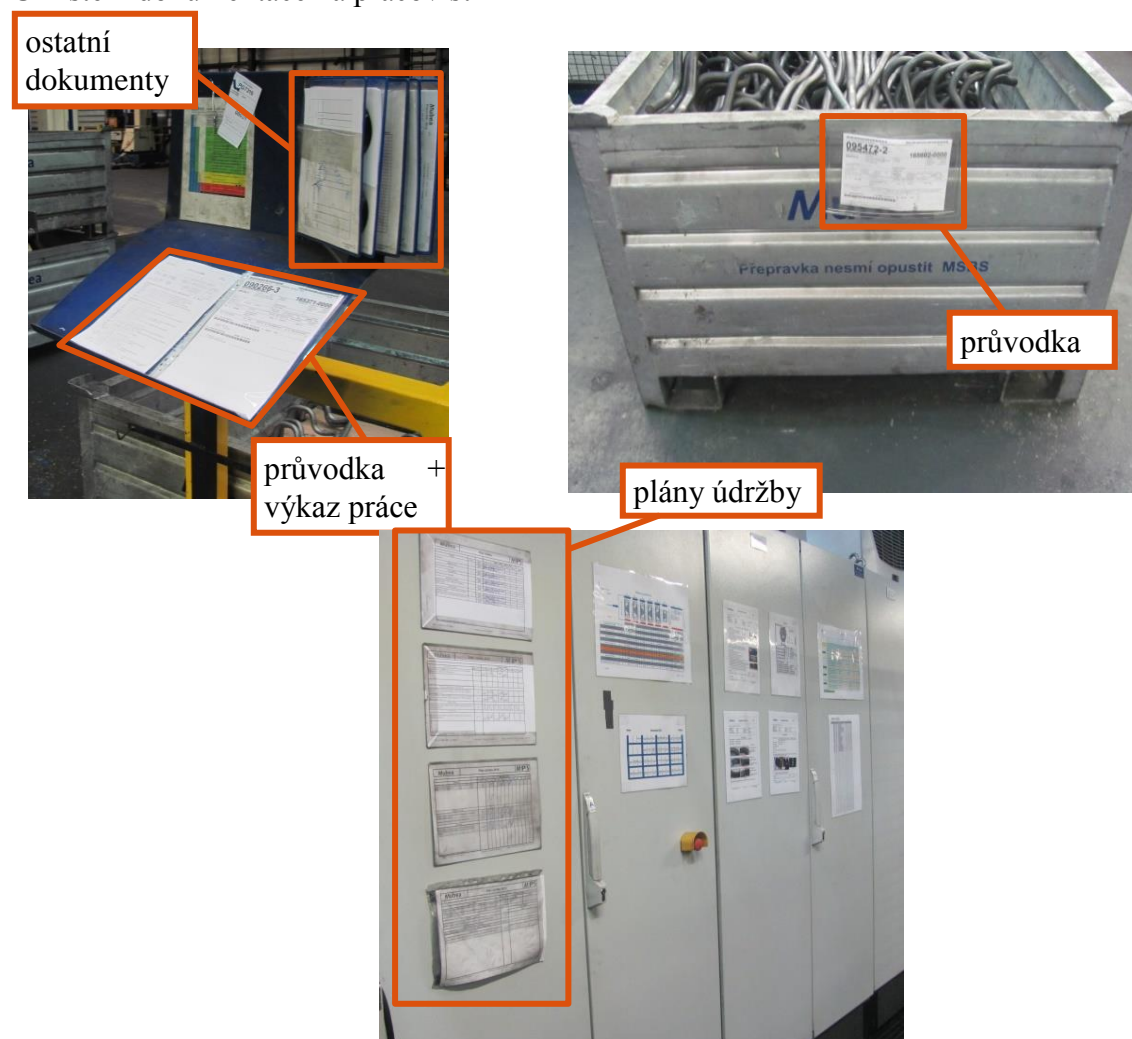
Výrobní operace	Stroje	Počet neshodných dílů se stejnou vadou v rámci pracovní směny
Ohýbání	DKB, Lisy	20

Požadavky na výkonnost - Cíle výroby

Požadavky na výkonnost jsou uvedeny ve výkonové normě, která je umístěna na každém pracovišti, případně jsou k nahlédnutí v kanceláři.

3 Dokumentace

Umístění dokumentace na pracovišti



Průvodka obsahuje důležité informace o aktuálním projektu. Posílá se na další operaci umístěná na přepravním kontejneru. Správně vyplněná průvodka musí obsahovat:

- ident
- číslo výrobní zakázky
- číslo materiálové šarže
- datum výroby
- podpis pracovníka

Aktuální formát „**Schicht reportu**“ – **výkaz práce/výkonu**, který je každý operátor povinen vyplňovat (nejlépe průběžně) a předávat na konci směny svému nadřízenému, zpravidla mistrovi.

[illegible]

Na stanovišti s měřicími přípravky (nad léhrou) se nachází **Kontrolní karta** pro daný projekt, odpovídající **Kontrolní postup** a **Pracovní postup** pro eskalaci neshodných dílů.

Kontrolní postup se nachází na kontrolním stanovišti a určuje postup při kontrole výrobku, každý projekt má svůj vlastní kontrolní postup.

Přítomnost správné a aktuální KK zajišťuje oddělení kvality nebo mistr. Vyplňuje operátor stroje spolu s QS, kontroluje QS a mistr. Operátor je povinen provádět kontroly dle odpovídajícího kontrolního plánu (KP) a provádět zápis do kontrolní karty (KK) v předepsaných intervalech.

4 Znalosti nutné pro pracovníky

4.1 Bezpečnost práce

Základní pravidla BOZP: (pro všechny profese) – nenahrazuje školení bezpečnosti!

- Před zahájením práce pečlivě prohlédněte pracoviště, technický stav a bezpečnost pracovního nářadí a nástrojů. Zvláštní pozornost věnujte strojům a technickému zařízení, na kterých budete pracovat nebo je budete obsluhovat. Běžné a snadno zvládnutelné závady odstraňte sami, ostatní ihned ohlaste nadřízenému.
- Při práci používejte nepoškozené nástroje či nářadí, vhodné pracovní oblečení, potřebné a předepsané osobní ochranné pracovní prostředky a pracovní pomůcky.
- Pracujte s rozmyslem a dbejte na svou bezpečnost a na bezpečnost spolupracovníků.
- Soustavně udržujte na svém pracovišti pořádek a čistotu, dbejte na osobní hygienu. S břemeny manipulujte tak, aby nebyly zdrojem pracovního úrazu.
- Ochranné kryty strojů včetně dalších bezpečnostních úprav, které chrání před vznikem úrazu, nikdy neodstraňujte!
- Nedotýkejte se obnažených drátů elektroinstalace, neprovádějte neodborné manipulace na elektrozařízeních, nevstupujte do nebezpečných a zakázaných prostorů a dodržujte zákaz kouření.
- Důsledně dodržujte všechny předpisy a nařízení o bezpečnosti, hygieně práce a požární ochraně.
- Každé, tedy i drobné zranění si nechejte ošetřit, jeho vznik ohlaste ihned nejbližšímu nadřízenému.
- Je zakázáno vstupovat do stroje v automatickém režimu!

Používat osobní ochranné pracovní prostředky!!!

Základní	–	Ochranný pracovní oděv
	–	Pracovní obuv kotníková
Účelové	–	Chrániče sluchu – na určených pracovištích
	–	Ochranné pracovní rukavice – na určených pracovištích (kožené prstové, pryžové, latexové, speciální)
	–	Ochranné brýle, nebo obličejové štíty – na určených pracovištích



Ochranné pomůcky operátora DKB

Poznámka: Dle platných pracovních a zdravotních předpisů je zakázáno používat láhve od nápojů pro hydraulický olej. Každý pracovník bude mít k dispozici konev na olej.

4.2 Úklid a údržba

Při úklidu pracoviště postupuje podle pracovního postupu PP6112 Čistota a pořádek na pracovištích DKB.

Plán údržby existuje ve verzích denní, týdenní, měsíční, ½ nebo ¼ roční, které jsou umístěné na elektroskříních (viz kap. 1.3). Údržbu provádí obsluha (pokud není v plánu uvedeno jinak) a provedení údržby potvrzuje svým podpisem v plánu údržby.

Denní plán údržby

Mubea		Plán údržby							MPS	
			Denní údržba - týden (KW):							
	Obraz č.:	Směna	Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek	Pátek	Sobota	Neděle	
Čištění										
Očistit okolí.	1, 2	Denní								
		Noční								
Olejoyé vany										
Vany kontrolovat na netěsnosti.	3, 4	Denní								
		Noční								
Pneumatika										
Sluchem kontrolovat netěsnosti	5	Denní								
		Noční								
Centrální mazání										
Kontrola množství oleje v nádrži event. Doplnit na začátku směny	7	Denní								
		Noční								
Kluzné lišty										
kluzných lišt namazat na začátku směny. Na každém ohýbači po 2 lištách	8	Denní								
		Noční								
Příčne vedení posuvu klemungů namazat olejem Nuto 46	9	Denní								
		Noční								
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Kdo a kdy provádí údržbu</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">Denní údržbu po ukončení směny provádí obsluha !</div>										

4.3 Rozdělení úrovní a povinnosti pracovníků

Úroveň 1 (v programu zelená barva): Pracovník je schopný vykonávat přidělenou práci pod stálou kontrolou

Úroveň 2 (v programu žlutá barva): Pracovník je schopný vykonávat přidělenou práci a provádět přestavby

Úroveň 3 (v programu černá barva): Pracovník je schopný provádět korekce tvaru během produkce a je schopný samostatně provádět přestavby

Úroveň 4 (v programu červená barva): Pracovník je schopný seřadit zařízení, výrobek a také školit své kolegy

4.4 Základní vstupní znalosti

Základní znalosti a schopnosti obsluhy nutné pro práci na DKB jsou:

Spuštění stroje

Kontrola výrobku (Kap. 2)

Vyplňování dokumentace (Kap. 3)

Hlášení výroby do systému

Hlášení chyb

Zpětné hlášení výroby do Xpps systému

OP Zahájena

Zahájím operaci = zaregistruji své osobní číslo a zakázku

- systém dostal info, že jsem začal pracovat na konkrétní zakázce

OP Ukončena

Končím práci na jedoucí zakázce = zaregistruji své osobní číslo, zakázku a množství

- systém dostal info, že jsem ukončil práci na konkrétní zakázce a vyrobil jsem zadané množství
- tímto ukončením zakázku neuzavírám; druhý den, nebo kdykoliv později znovu na ní mohu pracovat.

Hlášení zmetků

Hlásím množství zmetků, ihned po ukončení práce na zakázce = zaregistruji své osobní číslo, zakázku, množství a typ zmetku.

- Máme-li 2 typy zmetku, zaregistruji první typ a poté druhý typ.
- systém dostal info, že na konkrétní zakázce vznikly zmetky

Teoretická část školicích podkladů je do značné míry shodná s teoretickou částí bakalářské práce uvedené výše, proto je zde uveden jen obsah této kapitoly. Pro potřeby seznámení obsluhy stroje s bazálními informacemi o technologii ohýbání není nutné uvádět přílišné detaily, které nejsou pro práci na stroji podstatné, proto jsou z kapitol vynechány způsoby výpočtu některých parametrů a veličin související s ohybem, stejně jako části vyžadující předchozí znalost další problematiky nebo zabíhající do přílišných podrobností, které pro pracovníky obsluhující stroje nejsou relevantní.

5 Technologické vysvětlení procesu

5.1 Technologie ohýbání

Ohýbání navíjením

Ohýbání navíjením na DKB

Ohýbání lisem

5.2 Parametry ohýbání

Kritéria technologičnosti

5.3 Popis a funkce ohýbacích nástrojů

Ohýbací matrice

Upínací lišta

Přítlačná lišta

Opěrná lišta

5.4 Defekty vznikající při ohýbání

Ztenčení stěny

Zvlnění

Odpružení

5 ZÁVĚRY

Práce je zaměřena na problematiku ohýbání dílců kruhového průřezu pro konkrétní stroj DKB.

Cílem práce bylo vytvořit školicí materiály pro tento stroj, které budou sloužit jako podklady pro zaškolování nových pracovníků a současně shrnout podstatné informace týkající se obsluhy stroje, vyplňování dokumentace, způsoby řešení problémů, které mohou při výrobě nastat, doplněné stručnou teorií obsahující princip a metody ohýbání, popis nástrojů používaných na DKB a vysvětlení vzniku defektů a možností jejich řešení.

V první, teoretické části práce byly rozebrány základní technologické principy ohýbání trubek a metody ohýbání využívané na DKB, popsána funkce a konstrukce nástrojů používaných pro ohýbání trubek a přehled nejčastěji vznikajících defektů, jejich příčin a možnosti řešení.

Praktická část se věnuje postupu a způsobu řešení samotné tvorby školicího podkladu, výčet a obsah jednotlivých kapitol spolu s vysvětlením, k čemu slouží a jakým způsobem jsou užitečné. Tato část práce obsahuje i ukázky vytvořeného dokumentu, z něhož bylo nutné odstranit citlivé firemní informace. Vytvořené materiály jsou určeny jako jednotný základ umožňující zjednodušení procesu zaškolování nových pracovníků, jejichž zaškolování doposud bylo neucelené a z časového hlediska problematické, stejně jako zdroj informací potřebných pro samostatnou obsluhu stroje.

Plná verze školicího dokumentu pod názvem Příručka pro DKB Mubea Prostějov bude podniku předaná jako příloha 1 této bakalářské práce.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Bend die. *OMNI-X: VÝROBCE NÁSTROJŮ NA OHÝBÁNÍ TRUBEK* [online]. 2017 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.omni-x.cz/en/produkty/tube-bending-tools/bend-die>
2. Bend Tube. *Indiamart* [online]. 2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/bend-tube-12819125933.html>
3. Bending Tubes Without Wrinkles. *Winton machine: Complete Engineered Solutions for Tube and Coax Fabrication* [online]. George Winton, 2017 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://www.wintonmachine.com/bending-tubes-without-wrinkles/>
4. CNC a NC ohýbání trubek a profilů. *RONELT* [online]. 2014 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.ronelt.cz/czech/?menu=ohybani-trubek>
5. Double head Pipe Bending Machine. *Zhangjiagang Yaqing Machinery Manufacture Co., Ltd.* [online]. 2011 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://yaqingjx.company.weiku.com/item/Double-head-Pipe-Bending-Machine-21022790.html>
6. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tvaření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007, 169 s. : il. ISBN 9788021434257.
7. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., doplněné. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. : il. ISBN 8021426837.
8. FIŠAR, Luboš. *Kriteria vzniku defektů při ohybu profilových trubek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2011, 65 s. Diplomová práce. Vedoucí práce Prof. Ing. Radko Samek, CSc.
9. H&R Anti-Roll Bar Kit. *Demon tweeks* [online]. 2017 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.demon-tweeks.co.uk/motorsport/anti-roll-bars/hr-anti-roll-bar-kit>
10. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 4th ed. New York: Cambridge University Press, 2011, xii, 331 s. : il. ISBN 9781107004528.
11. HWANG, Kyeong Mo, Hun YUN a Chan Kyoo LEE. Development of New Methodology for Distinguishing Local Pipe Wall Thinning in Nuclear Power Plants. *World Journal of Nuclear Science and Technology* [online]. 2012, **02**(04), 192-199 [cit. 2017-03-30]. DOI: 10.4236/wjnst.2012.24030. ISSN 2161-6795. Dostupné z: <http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/wjnst.2012.24030>
12. KAŠPÁREK, Jan. *Přípravky a zařízení pro ohýbání trubek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2016, 28 s, CD. Bakalářská práce. Vedoucí práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.
13. Kompetence v odlehčených konstrukcích. *Mubea* [online]. [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <https://www.mubea.com/cz/strategy/lightweight-competence/>

14. LTS Pipework. *LTS Systems* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://ltssystems.co.uk/lts-pipework/>
15. Mandrel Tube Bending & Pipe Bending Australia. *Industrial tube manufacturing australia* [online]. 2016 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.steeltube.com.au/mandrel-tube-bending-australia/>
16. Mandrel Tube Bender. *Baileigh industrial* [online]. 2017 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.baileigh.com/mandrel-tube-bender-mb-350>
17. Nápravové pružiny. *Mubea* [online]. [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <https://www.mubea.com/cz/products-technologies/automotive/podvozek/napravove-pruziny/>
18. Nástroje a přípravky na ohýbání trubek za studena a na formování konců trubek. *OMNI-X: VÝROBCE NÁSTROJŮ NA OHÝBÁNÍ TRUBEK* [online]. 2017 [cit. 2017-02-22]. Dostupné z: <https://www.omni-x.cz/cs/galerie>
19. Ohýbačky trubek. *RKM servis* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <http://www.rkmservis.cz/content/ohybacky-trubek.php#>
20. Pressure die. *OMNI-X: VÝROBCE NÁSTROJŮ NA OHÝBÁNÍ TRUBEK* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.omni-x.cz/en/produkty/tube-bending-tools/pressure-die>
21. Průvodce ohýbáním trubek: Defekty při ohybu trubek. *OMNI-X: VÝROBCE NÁSTROJŮ NA OHÝBÁNÍ TRUBEK* [online]. 2017 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.omni-x.cz/cs/pruvodce-ohybanim/defekty-pri-ohybu-trubek>
22. Průvodce ohýbáním trubek: Navíjení (Rotary draw bending). *OMNI-X: VÝROBCE NÁSTROJŮ NA OHÝBÁNÍ TRUBEK* [online]. 2017 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <https://www.omni-x.cz/cs/pruvodce-ohybanim/navijeni-rotary-draw-bending>
23. ROTARY DRAW / COMPRESSION BENDING. *Albina Co., Inc.* [online]. 2016 [cit. 2016-10-15]. Dostupné z: <https://www.albinaco.com/steel-bending-methods/rotary-draw-compression-bending>
24. SAMEK, Radko, Zdeněk LIDMILA a Eva ŠMEHLÍKOVÁ. *Speciální technologie tváření. Část II.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 155 s. ISBN 9788021444065.
25. Stabilizátory. *Mubea* [online]. [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <https://www.mubea.com/cz/products-technologies/automotive/podvozek/stabilizatory/>
26. SUCHY, Ivana. *Handbook of die design*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2006. ISBN 00-714-6271-6.
27. Technical articles: The Right Stuff: Specifying Materials for Tube-Bending Tools. *Bend tooling* [online]. 2008 [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: http://www.bendtooling.com/technical_articles.htm
28. Trny: Základní typy trnů. *OMNI-X* [online]. 2017 [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <https://www.omni-x.cz/cs/produkty/nastroje-na-ohybani-trubek/trny>

29. When There is Trouble Around the Bend. *Winton machine: Complete Engineered Solutions for Tube and Coax Fabrication* [online]. George Winton, 2017 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://www.wintonmachine.com/when-there-is-trouble-around-the-bend>
30. Zábradlí. *SP schody* [online]. 2008 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.sp-schody.cz/zabradli.php>
31. Židle STAM THONET. *Interier-shop: internetový obchod s nábytkem* [online]. 2013 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.interier-shop.cz/zidle-stam-thonet.htm#>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
D	Modul zpevnění materiálu	[MPa]
D_0	Průměr průřezu	[mm]
D_{\min}	Minimální rozměr průřezu	[mm]
D_{\max}	Maximální rozměr průřezu	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
J	Kvadratický moment průřezu	[mm ⁴]
K_o	Koeficient ovality	[%]
M	Ohybový moment	[Nm]
M_{ov}	Ohybový moment vnitřních sil	[Nm]
R_o	Poloměr ohybu	[mm]
R_{zb}	Zbytkový poloměr	[mm]
d_s	Střední průměr trubky	[mm]
r_s	Střední poloměr trubky	[mm]
t_0	Výchozí tloušťka stěny trubky	[mm]
t_{\min}	Minimální tloušťka stěny	[mm]
y	Rameno ohybového momentu	[mm]
α	Úhel ohybu	[°]
ε	poměrné přetvoření	[-]
φ	Úhel ramene momentu	[°]
σ	Napětí	[MPa]
σ_k	Mez kluzu	[MPa]